

## 7. RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS

---

### 7.1 JUSTIFICACIÓN DE QUE LOS MEDIOS MATERIALES DISPONIBLES SON ADECUADOS

El Máster en “Nanociencia y Nanotecnología Molecular” cuenta para su desarrollo con las instalaciones de los Departamentos, Facultades e Institutos Universitarios de Investigación en los que se ubican los grupos participantes en el mismo.

Para el desarrollo de las actividades del máster se cuenta con recursos materiales tales como:

- **Aulas** de carácter general dotadas con: pizarras, ordenador, video proyector y conexión a internet.
- **Laboratorios de investigación** de los diferentes departamentos o institutos donde están matriculados los alumnos se llevará a cabo la investigación necesaria para la realización de las actividades de investigación del trabajo fin de máster. Los estudiantes dispondrán del espacio del laboratorio de investigación que les asigne su Tutor donde tendrán acceso a los diferentes equipos existentes y se les proporcionarán los materiales fungibles necesarios.

Los equipos disponibles en los grupos / institutos / departamentos participantes en el máster son:

#### Universitat de València-Instituto de Ciencia Molecular:

- Sala limpia
- Técnicas de caracterización química:
  - Thermogravimetric and Differential Thermal Analyzer
  - Differential Scanning Calorimeter
  - High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Basic
  - Langmuir trough KSV 300
  - Langmuir trough Nima 702BAM
  - Potentiostat / Galvanostat Autolab PGSTAT 12
  - Electrochemical Quartz Crystal Microbalance (EQCM) CH Instruments, 400 Model
  - Gas Chromatograph (GC): Agilent 6890N (equipped with chiral columns)
  - Vertical laminar air flow cabinet Model V70 from Telstar
  - SP1 TM HPFC FLASH chromatography purification system.
  - Spin coater, model KW-4a, Chemat technology
  - Fourier Transformation-Infrared Spectrometer NICOLET 5700 (Thermo Electron Corporation)
  - Layer by Layer
- Técnicas de caracterización física:
  - SQUID magnetometer, model Quantum Design MPMS-XL-5
  - SQUID magnetometer, model Quantum Design MPMS-XL-7
  - Physical properties measurement system
  - Profilometer Ambios XP1
  - X and Q band EPR spectrometer with additional Pulsed X-band, Model Bruker ELEXYS E580
  - Mossbauer Spectrometer.
  - Powder X-ray diffractometer
  - X-Ray Diffractometer.
  - Laser Flash Photolysis Model mLFP-111 Luzchem, Nd-YAG Brilliant Quantel.
  - UV/VIS HP 8453
  - HOTO-REACTOR: Side irradiation model (LZC-5)
  - Solar simulation equipment
  - Measure equipment

- Keithley source meters and picoampmeters with Si photodiode detector, allows a very precise way to measure light emitting devices.
  - A four channel oscilloscope, Tecktronix TB2024B.
  - A multichannel modular remote-controlled system for the signal generation and simultaneous measure of data through 16 channels.
  - In-house developed software is used for the control of these electronic devices.
- Laboratorio de Nanomagnetismo Molecular
- Magneto-electroluminiscence (MEL) and magneto-transport equipment
  - Kerr Magnetometer
  - Attocube Low Temperature Magnetic Force Microscope (LT-MFM) and Low Temperature Scanning Tunneling Microscope (LT-STM)
  - Cervantes Fullmode Scanning Probe Microscope (Nanotec Electrónica)
  - Nanoscope IVa Multimode Scanning Probe Microscope (Bruker, former Veeco)
  - NIKON Eclipse LV-100 Optical microscope
  - Ramé-hart Model 200 Standard Goniometer with Dropimage Standard v2.3 equiped with an automated dispensing system
  - GES5E Variable Angle Spectroscopic Ellipsometer

Además, la UVEG cuenta también con las plataformas de instrumentación avanzadas disponibles en el Instituto Europeo de Magnetismo Molecular El hecho de que la mayoría de los grupos de investigación de este Programa se encontraban integrados en proyectos del Programa CONSOLIDER-INGENIO y otros proyectos europeos posibilita también el acceso a las instalaciones de los grupos de investigación externos que pertenecen a estos consorcios.

### **Universidad de Alicante- Grupo de Nanofísica**

Laboratorio de bajas temperaturas:

- Criostatos de He4
- Equipos de alto vacío
- Microscopias STM y AFM
- Electrónica para medidas de transporte electrónico
- Potenciostatos para electroquímica

Computación:

- Beowulf Cluster Opteron, 11 nodes
- Beowulf Cluster PentiumIV-HT, 9 nodes
- Beowulf Cluster PentiumIV, 22 nodes

### **Universidad Autónoma de Madrid- Instituto IMDEA Nanociencia:**

- Laboratorio de Micro y Nanofabricación NanoFabLab

El laboratorio de micro y nanofabricación NanoFabLab de IMDEA Nanociencia, está ubicado en una sala limpia de 200 m2 repartidos en dos zonas. Una zona con calidad de aire ISO-5 (equivalente a CL-100) con un área aproximada de 60 m2, y dedicada a los servicios de litografía electrónica, litografía óptica y litografía nano-imprint; junto con una sala de química para procesos de preparación de superficies, resinas y revelado. La otra zona, con un superficie útil aproximada de 140m2 y una calidad de aire ISO-6 (CL-1000), se dedica a la preparación de capas de película delgada mediante deposición de capa atómica (ALD), evaporación térmica y sputtering, así como al ataque mediante haces de iones reactivos. También consta de un área para encapsulado de dispositivos, recocido y vitrificación de muestras, caracterización eléctrica, perfilometría, o microscopía óptica. Además, en esta zona ISO-6 también existe una sala aislada para procesos en bancada de química húmeda.

- *Unidad de Cultivos Celulares*

El laboratorio dispone de toda la infraestructura necesaria para el cultivo y mantenimiento de líneas celulares establecidas. Ofreciendo a los usuarios la posibilidad de evaluar in vitro, la interacción de nanomateriales (nanopartículas, nanohilos, nanotubos de carbón) con diferentes

líneas celulares humanas, de varios tipos de cáncer como páncreas, mama y glioblastoma. En el laboratorio se realizan principalmente ensayos de internalización y acumulación intracelular de nanomateriales. Se evalúa la citotoxicidad, la resistencia y/o la biocompatibilidad de los nanomateriales. También se realizan estudios para identificar los mecanismos de muerte celular inducidos por el estrés térmico, gracias al calentamiento producido por nanomateriales magnéticos cuando son sometidos a campos magnéticos alternos. Además se presta apoyo y asesoramiento para la realización de ensayos más específicos, en función de las necesidades del usuario. El servicio cuenta también con un microscopio de fluorescencia que permite realizar estudios sobre los mecanismos de entrada, transporte y liberación de los nanomateriales en las células. Próximamente dispondremos de líneas celulares modificadas genéticamente para marcar mediante fluorescencia diferentes estructuras celulares como: mitocondrias, lisosomas, aparato de golgi, endosomas (clatrina, caveolina), retículos o membranas, de forma que se pueda seguir in vivo la interacción de la célula con los nanomateriales.

- Surfaces Laboratory

En la actualidad el Laboratorio de Superficies de IMDEA Nanociencia consta de una campana de un Microscopio de Efecto Túnel de baja temperatura en ultra alto vacío que permite realizar experimentos en un rango de temperatura que va desde los 4.5K hasta los 300K. Con esta instalación experimental, es posible depositar películas de espesor atómico de diferentes materiales y estudiar mediante la microscopía y espectroscopía túnel tanto el orden como las propiedades electrónicas con resolución espacial. Esto nos permitirá hacer frente a nuevos problemas como, la difusión superficial tanto de átomos individuales como de moléculas, el estudio de procesos catalíticos en la superficie, el estudio de ondas estacionarias (SW), el confinamiento de electrones en una dimensión, visualización en el espacio real de pozo cuántico estados (QWS), la interacción de moléculas con la superficie y entre ellas o los modos de vibración de moléculas individuales.

- Advanced Optical Characterization Laboratory

El laboratorio de caracterización óptica avanzada (LabCOA) se especializa en espectroscopia y microscopia óptica, incluida la espectroscopia de alta resolución a bajas temperaturas y también con resolución temporal. Algunos de los métodos utilizados son, por ejemplo, la espectroscopia "pump-probe", la espectroscopia "hole-burning", el "time-correlated single photon counting", la microscopia óptica confocal y la microscopia óptica de campo cercano. Otro punto esencial del trabajo lo constituye la medida de propiedades acústicas de objetos nanométricos, incluyendo las películas delgadas.

- Nanophotonic Laboratory

Este laboratorio se ocupa de la caracterización fotofísica completa de materiales conjugados y dispositivos optoelectrónicos. Los materiales pueden proceder de la química orgánica, de la inorgánica, y también del campo de la biología molecular. Todas las técnicas espectroscópicas disponibles abarcan el espectro completo, desde el UV hasta el infrarrojo medio. Llevamos a cabo espectroscopía de transmisión y de reflexión, espectroscopía de fluorescencia y de fosforescencia con una resolución entre 2 ps y milisegundos, espectroscopía de absorción fotoinducida resuelta en tiempo en un régimen que va desde 30 fs hasta milésimas de segundo, espectroscopia de electroabsorción y otra serie de técnicas de electromodulación. La instrumentación está optimizada para detectar señales en condiciones de baja intensidad óptica, como ocurre en dispositivos fotovoltaicos (debido al bajo nivel de irradiación solar) y en electrónica molecular (debido al bajo número de moléculas). Las medidas se realizan en ambiente controlado o de alto vacío, a temperatura ambiente o hasta 1.5K. Las muestras que se estudian son muestras en solución, en películas de diverso espesor y en dispositivos optoelectrónicos, siendo en este último caso posible testar las propiedades ópticas durante el funcionamiento. Así, podemos ofrecer nuestro servicio a distintos usuarios cubriendo la cadena que va desde la síntesis química a la tecnología del dispositivo.

- Nanomagnetism Laboratory

Los servicios externos que presta el grupo Nanomagnetismo en IMDEA Nanociencia se centran en el estudio de las propiedades de nanoestructuras magnéticas orgánicas, inorgánicas, en películas ultradelgadas, multicapas, redes ordenadas y nanopartículas magnéticas. Para ello contamos con distintas técnicas experimentales que nos permiten analizar: 1- La evolución del

ciclo de imanación en distintas condiciones de intensidad de campo, velocidad de barrido, temperatura, y de orientación de la muestra respecto al campo magnético aplicado. 2- La evolución de la magneto-resistencia en distintas condiciones vectoriales. 3- El ritmo de absorción específica (specific absorption rate, SAR ) en condiciones dinámicas. En el caso de nanopartículas magnéticas, los valores de SAR están asociados a la inversión de imanación en presencia de campos magnéticos alternos. Para el primer punto, hemos diseñado y construido magnetómetros basados en efectos magneto-ópticos (efecto Kerr y Faraday) y de corriente inducida (muestra vibrante). Los sistemas de magnetometría óptica permiten obtener una amplia información mediante medidas en distintas geometrías (polar, longitudinal y transversal). Estas medidas se pueden simultanear con medidas de magneto-resistencia girando la muestra hasta 360°, con una resolución angular mejor que 0,5 °. El magnetómetro vectorial de muestra vibrante es un modelo 7410 VSM de LAKESHORE que permite realizar medidas de ciclos de imanación entre 5 y 450 K incluyendo medidas de enfriamiento con/sin campo. Permite además cambiar la orientación de la muestra respecto a la dirección del campo girándola hasta 730 ° con una resolución angular mejor que 1 °. Para el tercer punto, hemos desarrollado un sistema de medidas térmicas en condiciones adiabáticas optimizadas para minimizar las fuentes de error en las medidas del SAR de nanopartículas magnéticas. Cuenta con un generador de campo magnético alterno con frecuencias hasta 250 kHz y amplitudes de 60 mT. Además de la caracterización magnética de las nanopartículas, ofrecemos el servicio del Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments) para la caracterización coloidal de nano-estructuras dispersas en medio acuosa u orgánico. Ofrece la posibilidad de medir el tamaño hidrodinámico de las nanopartículas o agregados entre 0.3 nm y 10 nm, así como su potencial Zeta. El Servicio de Nanomagnetismo siempre está abierto a realizar ensayos a medida. Consultarnos para estudiar posibilidades y tarifas.

- Atomic Force Microscopy Laboratory

El Laboratorio de Microscopía de Fuerzas Atómicas del IMDEA Nanociencia ofrece un servicio de caracterización estructural, eléctrica o magnética, con resolución nanométrica (unidades de milmillonésima de metro), de superficies de naturaleza muy diversa (metálica, polimérica, biológica...). Las medidas se pueden realizar en modo contacto, dinámico (tapping) o jumping (peak force), tanto en aire como en medio líquido. El servicio dispone de un AFM JPK, modelo Nanowizard II, que lleva acoplado un microscopio Nikon invertido, para realizar de forma simultánea medidas ópticas, incluyendo fluorescencia, y de AFM en muestras translúcidas. Dispone también de un segundo AFM que permite una caracterización eléctrica (medidas I-V, Microscopía de fuerza electrostática y de potencial superficial o KPFM), o magnética (Microscopía de fuerza magnética), así como medidas de indentación. Esta unidad científico-tecnológica ofrece un servicio multidisciplinar y dinámico a grupos de investigación, tanto integrando IMDEA Nanociencia como pertenecientes a otros organismos tales como otros centros de investigación o empresas privadas.

### **Universidad de La Laguna: Servicio General de Apoyo a la Investigación**

Servicio de difracción de Rayos X

- Difractómetro Panalytical X'Pert
- Difractómetro Panalytical X'Pert PRO
- Difractómetro Oxford Diffraction SuperNova

Servicio de Medidas Magnéticas

- Magnetómetro tipo SQUID Quantum Desing

Servicio de Microscopía electrónica

- Microscopio electrónico de transmisión (TEM) JEOL JEM 1010 con resolución de 0,2 nm.
- Ultramicrotomo Leica Ultracut UTC 7062
- Equipo de pulverización catódico 'sputtering', para el metalizado y/o recubrimiento con carbón de muestras no conductoras (observación por SEM) BAL-TEC SCD 005 y CEA 035
- Microscopio electrónico de barrido (SEM) JEOL JSM 6300 con resolución de 3,5 nm.

- Microanalizador de energías dispersivas de rayos X (EDX) Oxford 6699 ATW acoplado al SEM JEOL JSM 6300
- Microscopio electrónico de transmisión (TEM) JEOL JEM 2100

#### Servicio de Espectrometría de Masas de Alta Resolución

- Espectrómetro de masas Micromass AutoSpec
- Analizador Elemental CNHS FLASH EA 1112
- Automuestreador automático AS200
- Microbalanza Mettler Toledo
- Ordenador Epson EL3s
- Software de trabajo EAGER 300

#### Servicio de Espectroscopía de Absorción Atómica

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Cámara de Grafito y corrector de fondo Zeeman Varian 220Z Equipado con Fuente de Alimentación GTA 110Z y UltraAA
- Sistema de digestión de muestras por microondas Milestone Ethos Touch Control
- Sistema automático de introducción de muestras Varian SPS-5 con sistema SIPS.
- Sistema de Generación de hidruros/Vapor frío para la determinación de elementos volátiles Varian 77 VGA
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica con atomización por llama de aire/acetileno y protóxido de nitrógeno/acetileno Varian 220 FS

#### **Universidad de Valladolid- grupo de sensores UvaSens**

#### Preparación de películas delgadas

- Langmuir-Blodgett
- Layer by Layer
- Evaporación en alto vacío (PVD)
- Spin Coating

#### Técnicas Espectroscópicas

- UV-Vis
- FTIR-NIR, RAIRS, ATR
- Raman, MicroRaman

#### Técnicas Microscópicas

#### Técnicas Electroquímicas

- Cromatografía de gases-masas
- Sistemas olfativo electrónico
- Sistemas gustativo electrónico

#### Preparación de películas delgadas

- Langmuir-Blodgett
- Layer by Layer
- Evaporación en alto vacío (PVD)
- Spin Coating

### Universidad de Castilla La Mancha- Grupo de Materiales Moleculares

- SPS coupled Dry Box Innovate Technology
- Focalized Microwave Reactor CEM
- Analytic and Preparative HPLC Agilent
- NMR Bruker Innova400 MHz
- EM MALDI-TOF Spectrometer Voyager DE STM
- EM ESI Spectrometer AB-SCIEX 3200 QTRAP
- RAMAN Spectrometer Renisaw
- UV-VIS Spectrometer Shimadzu 3600
- Fluorimeter Varian Cary Eclipse
- High Range Espectrofluorimeter Horiba Scientific Nanolog
- FT-IR Spectrometer AVATAR 370Thermo Nicolet
- AFM Microscope Veeco
- TGA Mettler-Toledo
- DSC Mettler-Toledo
- Potenciostate Galvanostate Autolab CV50W

### Universidad Miguel Hernández: Grupo de diseño y síntesis molecular

- FT-IR spectroscopy (ThermoNicolet IR 200)
- UV-vis spectroscopy (ThermoSpecronic Helios)
- Chromatography (Agilent 1100 Series – HPLC / GPC)
- Fluorimetry (PerkinElmer Luminescence Spectrometer)
- Electrochemistry ( $\mu$ Autolab type III)
- Calorimetry (PerkinElmer instruments Pyris 1 DSC)
- Mass spectrometry (Bruker MALDI TOF Microflex LRF20)
- Flash chromatography system (CombiFlash Rf)
- Microwave synthesis (CEM Automated Synthesis System)
- Glove Box (UNIlab Gloveboxsystem)
- Solar Simulator (LS Series Light Source)
- EQE
- MB-EcoVap (MB-EcoVap 200)
- Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) (Bruker Avance 500)
- Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) (Bruker Avance DPX 300)

- Acceso a **recursos de cálculo** a diferentes niveles:

• Clústeres de cálculo de los grupos de investigación donde realizan su doctorado. Estos ordenadores aseguran el tiempo de cálculo y recursos necesarios para hacer el trabajo de investigación.

• Acceso a recursos computacionales a través de centros locales o autonómicos.

- Un **puesto de trabajo** en el laboratorio dotado con mobiliario, material específico para desarrollar la investigación (campana de extracción, equipos de medida), un ordenador personal con software general y específico y conexión a internet.

- El **Software** necesario para realizar su trabajo fin de máster.

- Todos los estudiantes del máster tienen acceso a revistas electrónicas a través de la base "web of knowledge" del FECYT.

- En su esfuerzo por garantizar la accesibilidad de aquellas personas con discapacidad, las universidades cuentan además con: rampas de acceso, baños y servicios adaptados, plazas de aparcamiento reservadas y red inalámbrica accesible. La Unitat per a la Integració de Persones

amb Discapacitat (UPD) en la UV y los servicios equivalentes en el resto de universidades que tienen como misión ofrecer apoyo para facilitar la integración de las personas con diversidad funcional y desarrollando acciones encaminadas a hacer una universidad más accesible, en colaboración con los servicios implicados de todas las universidades. Tanto en lo referido a la accesibilidad física, como a la electrónica y de comunicación.

- En cuanto a **bibliotecas**, cada universidad dispone de bibliotecas bien equipadas con un amplio número de revistas y libros. Dichas bibliotecas ofrecen también servicios de formación de usuarios en técnicas de búsqueda bibliográfica, tanto a nivel inicial para todos los estudiantes que acceden por primera vez a la titulación como a los de máster y doctorado.